

РАСХОДОМЕР ОБТЕКАНИЯ С ПОВОРОТНОЙ ЛОПАСТЬЮ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ МЕСТНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

И. Ю. СОКОЛОВА

(Представлена научным семинаром кафедры горных машин, рудничного транспорта
и горной механики)

Одним из путей повышения экономичности работы вентиляторных установок местного проветривания является создание регулируемых вентиляторов. Регулирование производительности вентиляторов в условиях эксплуатации позволяет сократить расход электроэнергии на 18—20%.

В настоящее время из всех существующих способов регулирования производительности вентиляторов местного проветривания наиболее простым по конструкции и экономически выгодным является регулирование с помощью поворота лопаток направляющего аппарата (НА).

Для обеспечения оптимальных режимов работы регулируемого вентилятора необходим прибор, с помощью которого можно было бы определять производительность данного вентилятора в условиях его эксплуатации.

Основные технические требования к конструкции такого прибора определяются условиями работы вентилятора в шахте. Прибор должен быть простым по конструкции и составлять единое целое с вентилятором. Кроме того, необходимо обеспечить надежность работы прибора при вибрации кожуха вентилятора, относительной влажности воздуха до 100%, температуре воздуха от -10 до $+30^{\circ}\text{C}$, запыленности воздуха, обычной в шахтных условиях. Показания прибора должны быть стабильными в течение гарантированного срока службы вентилятора.

Из существующих типов расходомеров наиболее соответствует изложенным выше требованиям расходомер обтекания с поворотной лопастью (рис. 1). Принцип действия такого расходомера основан на силовом взаимодействии между потоком воздуха и твердым телом. Аэродинамическая сила, действующая на обтекаемое тело, определяется, как известно, по формуле:

$$P = \kappa \cdot \rho \cdot \frac{c^2}{2} \cdot F, \quad \text{н},$$

где

κ — коэффициент сопротивления, зависящий от формы обтекаемого тела;

ρ — плотность воздуха, кг/м^3 ;

c — скорость движения воздуха, м/сек ;

F — „миделево“ сечение тела, т. е. площадь проекции тела на поверхность, нормальную к направлению потока, м^2 .

Момент аэродинамической силы, действующей на обтекаемое тело, относительно оси вращения последнего уравнивается моментом силы тяжести этого тела относительно той же оси. Поэтому при изменении скорости потока изменяется и угол отклонения обтекаемого тела от первоначального (вертикального) положения. Силы трения при этом можно не учитывать, так как они ничтожно малы, а наличие вибрации исключает их влияние на показания прибора.

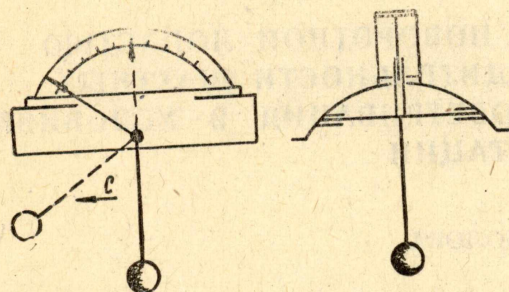


Рис. 1. Схема расходомера обтекания с поворотной лопастью

Расходомер обтекания с поворотной лопастью устанавливается в межлопаточном канале направляющего аппарата вентиля-

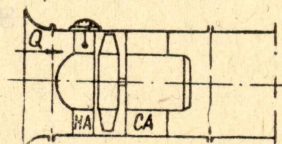


Рис. 2. Схема установки расходомера

тора (рис. 2). Корпус прибора крепится непосредственно к кожуху секции НА.

Для исследования и тарировки такого расходомера была создана специальная установка. Условия работы вентилятора и расходомера здесь соответствовали эксплуатационным. Действительный расход воздуха, проходящий через вентилятор, определялся при помощи диафрагмы и насадка полного давления.

Обтекаемому телу необходимо было придавать такую форму и размеры, чтобы: а) полностью использовалась шкала прибора; б) зависимость между действительным расходом воздуха, проходящим через вентилятор, и углом отклонения обтекаемого тела и расположенной на одной оси с ним стрелки прибора была по возможности линейной, так как только в этом случае шкала прибора может быть равномерной; в) показания прибора были устойчивы во времени, т. е. чтобы колебания стрелки прибора были устранены совсем, либо были незначительными. Последнее, как будет показано ниже, зависит не только от формы самого обтекаемого тела. Для выявления формы обтекаемого тела, наиболее соответствующей изложенным выше требованиям, был проведен ряд опытов.

Зависимость между действительным расходом воздуха, проходящим через вентилятор, и показаниями прибора в единицах условной равномерной шкалы для обтекаемых тел различной формы представлена на рис. 3. Для обтекаемого тела в форме шара и в форме изогнутой S-образной пластины эту зависимость можно практически считать линейной. Для прямоугольной пластины и цилиндра эта зависимость не является линейной.

В процессе исследования работы обтекаемых тел различной формы определялась и амплитуда колебаний стрелки прибора. Исследования показали, что эти колебания менее значительны при обтекании тела в форме прямоугольной пластины. При обтекании потоком шара колебания стрелки прибора были наибольшими.

Для уменьшения колебаний стрелки прибора был применен демпфер в виде груза, закрепленного на стрелке прибора. Применение даже

такого простого демпфирующего устройства значительно уменьшило колебания стрелки прибора. Причины колебаний стрелки прибора можно объяснить, очевидно, тем, что:

1. Поток, поступающий в НА вентилятора, не был надлежащим образом сформирован;
2. Этот поток не был установившимся.
3. Имели место срывные явления при обтекании тела потоком воздуха.

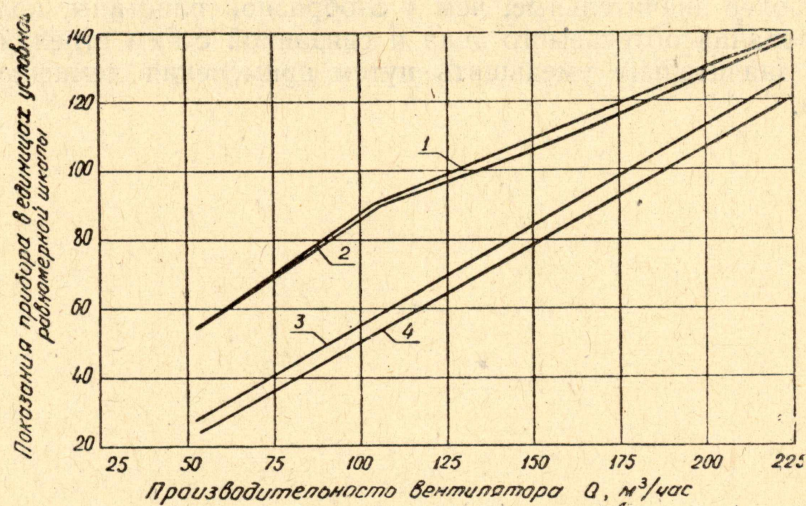


Рис. 3. Производительность вентилятора и показания расходомера при обтекаемом теле различной формы: 1 — цилиндр, 2 — прямоугольная пластина, 3 — изогнутая S-образная пластина, 4 — шар

Как известно из гидродинамики, большое влияние на формирование потока при входе в трубопровод оказывают условия входа. Чтобы поток, поступающий в НА вентилятора, был хорошо сформированным, необходим всасывающий трубопровод определенной длины с коллектором.

На экспериментальной установке (в соответствии с условиями эксплуатации) перед НА вентилятора, где расположен расходомер, всасывающего трубопровода нет. Поэтому поток воздуха, поступающий в НА надлежащим образом, не формируется и на входном участке возможно возникновение срывных явлений. Чтобы проверить, как влияют условия входа потока в НА вентилятора на колебания обтекаемого тела и стрелки прибора, был проведен такой опыт. Перед НА вентилятора был установлен всасывающий трубопровод длиной 5 диаметров с коллектором, что дало возможность получить сформированный поток. Амплитуда колебания стрелки прибора при этом уменьшилась примерно в два раза.

Вторая причина объясняется тем, что в сети часто меняется напряжение, последнее ведет к изменению числа оборотов вентилятора, а следовательно, и к изменению во времени скорости движения воздуха во всех проточных каналах вентилятора.

В условиях эксплуатации вентиляторов первую и вторую причины колебаний стрелки прибора устранить нельзя. Срывные же явления при обтекании потоком твердого тела можно уменьшить путем придания этому телу наиболее обтекаемой формы.

На основании изложенного можно сделать следующее заключение.

1. Для измерения производительности вентилятора в условиях эксплуатации целесообразно применять расходомеры обтекания с по-

воротной лопастью, как наиболее простые по конструкции и надежные в работе.

2. Обтекаемое тело может иметь форму шара или изогнутой S-образной пластины, так как зависимости между расходом и показаниями прибора в этих случаях можно считать линейными. Преимуществом шара является то, что он меньше, чем S-образная пластина, реагирует на отклонение потока при повороте лопаток НА в процессе регулирования производительности вентилятора. Недостатком шара являются более значительные, чем у S-образной пластины, колебания.

3. Колебания обтекаемого тела и связанной с ним стрелки прибора можно значительно уменьшить путем применения демпфирующего устройства.

